

## Pemanas air tenaga surya tipe domestik sistem termosif langsung dengan pemanas tambahan



© BSN 2015

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta



## PENDAHULUAN

Standar Industri Indonesia Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Domestik disusun oleh Tim yang dalam penyusunannya melalui rapat-rapat teknis dan rapat konsensus yang dihadiri oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Pembahasan-pembahasan dalam rapat teknis Rapat Pra Konsensus dan rapat konsensus dihadiri oleh wakil-wakil dari instansi Pemerintah dan Swasta, seperti Direktorat Jenderal Aneka Industri, Departemen Perindustrian, Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru, Departemen Pertambangan dan Energi, Laboratorium Sumber Daya dan Energi BPPT, Pusat Standardisasi Industri, Produsen dan konsumen.

Sedangkan acuan yang digunakan adalah :

1. Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Domestic Water Heating Systems — ANSI/ASH RAE 95 — 1981
2. Recommendations for European Solar Collector Test Methods — CE C January 1980
3. Solar Heating Systems for domestic hot water, code of practice BS 5918 : 1980
4. Methods of Testing to determine the thermal Performance of unglazed flat plate liquid type solar Collector ANSI/ASH RAE 96 — 1980
5. Safety Valves general Requirements ISO 4126 - 1979 (E)
6. SII. 0125 - 75, Cara Uji Tahan Air (Uji tekanan Hidrotestik)
7. SII. 0400 - 80, Korosi, Cara uji ketahanan dengan semprot kabut garam.
8. SII. 0401 - 80, Korosi, Alat uji dengan semprot kabut garam
9. SII. 0403 - 80, Contoh yang dicat atau dilapisi dalam lingkungan yang korosi 7 cara penilaian
10. SII. 0993 - 81, Korosi, cara uji ketahanan dipercepat dengan semprot kabut garam Asam Asetat
11. SII. 0494 - 81 Korosi cara uji ketahanan dipercepat dengan semprot kabut garam Asam Asetat garam tembaga.





**PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE DOMESTIK  
SISTEM TERMOSIFON LANGSUNG DENGAN PEMANAS TAMBAHAN  
BAG : II**

**1. RUANG LINGKUP**

Standar ini meliputi definisi, kelengkapan komponen, bahan, syarat mutu, contoh uji, cara uji, syarat lulus uji, syarat penandaan dan cara pengemasan dari pemanas air tenaga surya tipe domestik sistem termosifon langsung dengan pemanas tambahan.

**2. DEFINISI**

Dalam standar ini digunakan definisi pada SII. 2549 - 90, *Definisi, Satuan, Lambang, dan Klasifikasi Pemanas air tenaga surya.*

**3. KELENGKAPAN KOMPONEN**

Suatu pemanas air tenaga surya (PATS) dengan pemanas tambahan dibangun atas empat bagian utama yaitu kolektor, tangki, asesori dan pemanas tambahan.

**3.1. Kolektor**

Kolektor dari PATS terdiri atas :

1. Plat Absorber (Absorber Plate), berfungsi untuk menyerap radiasi surya yang tiba, mengubahnya menjadi panas dan memindahkan panas tersebut ke fluida kerja.
2. Alur Fluida (Fluid Passage), adalah tempat fluida kerja atau cairan mengalir, yang memiliki kontak termal yang baik dengan plat absorber.
3. Tutup Atas transparan atau tembus cahaya (translucent) berfungsi sebagai penerus radiasi surya dan isolasi plat absorber terhadap udara luar yang lebih dingin, serta sebagai pelindung terhadap cuaca.
4. Isolator berada dibalik plat absorber, berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas melalui punggung dan samping kolektor.
5. Kotak Kolektor (Collector Box), berfungsi untuk menempatkan komponen kolektor lainnya pada posisi tertentu, serta sebagai pelindung terhadap cuaca.

**3.2. Tangki**

Tangki PATS terdiri atas :

1. Tangki Dalam (Inner Tank), merupakan tempat menyimpan air yang akan digunakan baik air yang telah dipanaskan oleh tenaga surya maupun air yang akan dipanaskan.
2. Isolator berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas dari permukaan luar tangki dalam.



3. Selubung Tangki (Cover), berfungsi untuk menempatkan posisi komponen lainnya pada posisi yang ditentukan, juga sebagai pelindung insulasi tangki terhadap cuaca.

### 3.3. Asesori (Accessories)

Asesori yang dibutuhkan oleh sistem agar dapat bekerja secara baik dan aman antara lain meliputi :

1. Pipa-pipa penghubung, berupa pipa turun air dingin (down pipe), pipa naik air panas (raiser pipe) serta penghubung antar kolektor. Untuk sistem yang terpadu dimana tangki dan kolektor berhubungan langsung maka pipa-pipa ini tidak dibutuhkan.
2. Penyambung Pipa berfungsi untuk merangkaikan pipa penghubung pada kolektor dan/atau tangki.
3. Elemen Pengikat, berfungsi untuk menambatkan kolektor dan/atau tangki pada dudukannya/atap .
4. Katup Pengaman Tekanan, berfungsi untuk melindungi sistem dari tekanan berlebih yang terjadi di dalam sistem, agar sistem selalu bekerja pada tekanan yang diijinkan.

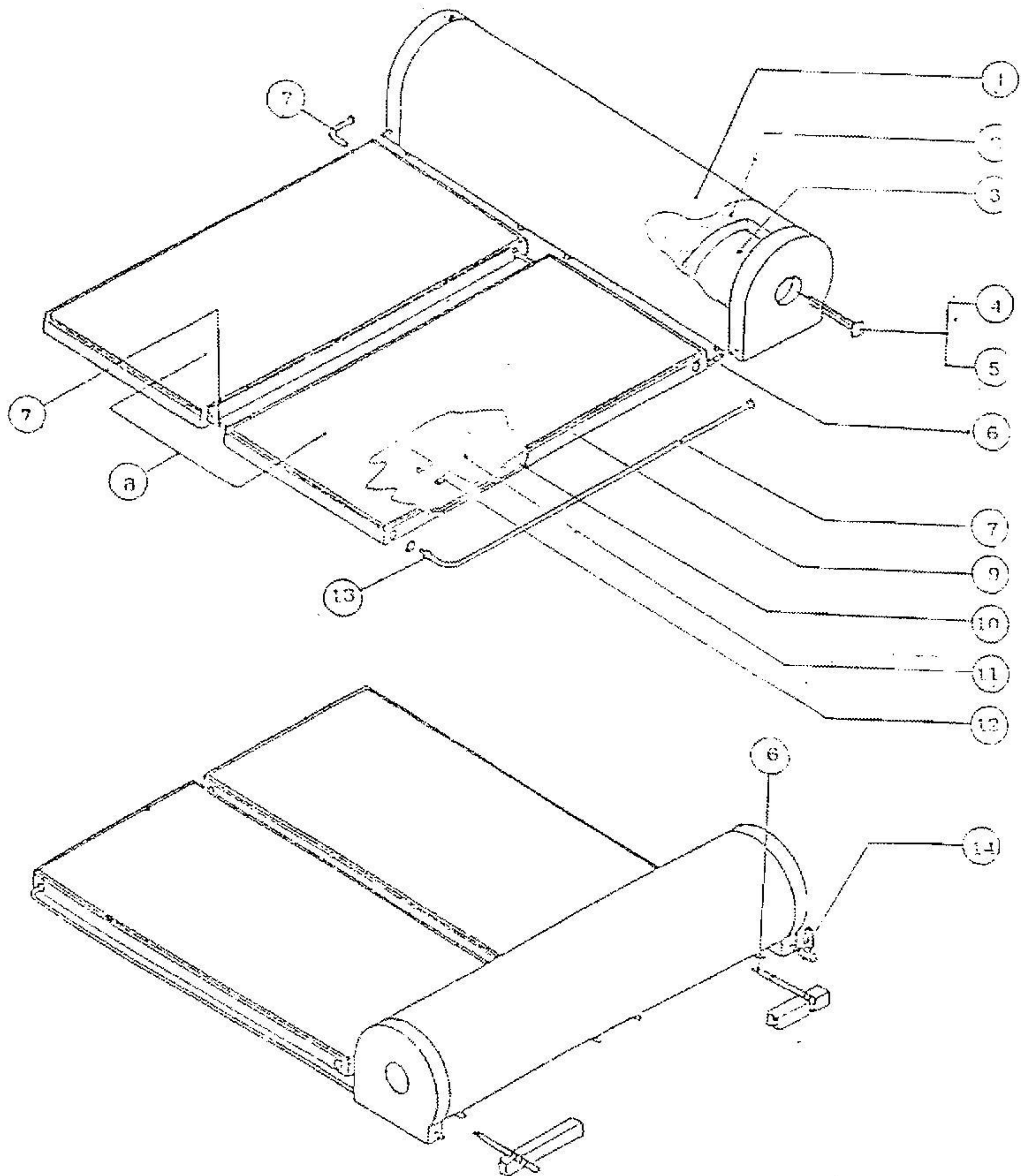
### 3.4. Sumber Pemanas Tambahan

Sumber pemanas tambahan, berfungsi untuk memanaskan air dalam tangki bila radiasi surya tidak cukup untuk memanaskan air sesuai kebutuhan. Bila digunakan pemanas tambahan maka diperlukan.

Pengendali suhu (thermostat), yang berfungsi untuk mengendalikan suhu air di dalam tangki.

Secara umum komponen suatu PATS ditunjukkan pada gambar berikut :





Gambar Umum

## Pemanas Air Tenaga Surya

## KETERANGAN GAMBAR :

- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. Selubung Tangki                | 8. Tutup Atas              |
| 2. Isolator                       | 9. Kotak Kolektor          |
| 3. Tangki Dalam                   | 10. Isolator Kolektor      |
| 4. Pemanas Tambahan               | 11. Plat Absorber          |
| 5. Pengendali Suhu                | 12. Alur Fluida            |
| 6. Elemen Pengikat                | 13. Penyambung Pipa        |
| 7. Pipa-pipa Penghubung           | 14. Katup Pengaman Tekanan |
| a) Pipa naik air panas            |                            |
| b) Pipa turun air dingin          |                            |
| c) Pipa penghubung antar kolektor |                            |



#### 4. BAHAN

Sasaran utama dari pemanas air tenaga surya (PATS) adalah kemampuan menyerap energi matahari secara efektif dan meneruskan panas yang diserap secara efisien ke unit penyimpan untuk selanjutnya digunakan.

Perangkat PATS harus andal dan tahan lama dimana usia pakainya harus sebanding dengan perlengkapan gedung rumah tangga yang sejenis, dengan kebutuhan perawatan yang minimal.

##### 4.1. Bahan Kolektor

Pemilihan bahan ditekankan pada sifat yang berkaitan dengan sifat termal (thermal properties), kekuatan serta sifat tahan lama.

Dari sifat termal, yang diutamakan adalah konduktivitas termal yang akan menentukan tebal plat absorber dan isolator, jarak alur fluida serta kapasitas panas yang dihasilkan.

Kekuatan dari kolektor dikaitkan dengan keandalannya untuk dioperasikan pada suhu dan tekanan yang tertentu, serta kekuatannya pada saat pemasangan (instalasi).

Sifat tahan lama diperhitungkan terhadap pengaruh cuaca luar (mis. : radiasi surya, beban angin, hujan dsb.), pengaruh termal (pemuaian dan penyusutan), korosi dan tekanan.

##### 4.1.1. Plat Absorber dan Alur Fluida

Sebagai komponen penyerap dan pemindah energi surya yang tiba, maka bahan plat absorber harus memiliki daya serap panas yang baik dan daya pantul panas yang rendah.

Bahan yang dapat digunakan untuk plat absorber, antara lain : tembaga, aluminium, atau baja.

Alur fluida yang merupakan tempat kontak perpindahan energi dari plat absorber ke air yang akan dipanaskan terbuat dari bahan dengan konduktivitas termal yang baik, memiliki ketahanan yang baik terhadap suhu dan tekanan kerja serta tahan korosi dan tidak mencemari air yang dipanaskan sehingga tidak berbahaya bagi pemakai.

Bahan yang dapat digunakan untuk alur berupa : pipa tembaga, atau plat absorber yang dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat dilalui air (fluida kerja) tanpa kebocoran pada tekanan kerjanya.

##### 4.1.2. Lapisan Absorber (Absorber Coating)

Untuk meningkatkan daya serap radiasi surya pada permukaan plat absorber dapat digunakan suatu lapisan cat atau cara lain. Selain itu untuk menjamin daya lekat cat pada plat absorber dapat dilakukan dengan perlakuan awal (pre-treatment) pada permukaan plat absorber tersebut.

##### 4.1.3. Isolator

Sesuai dengan fungsinya untuk meminimumkan kehilangan panas dari plat absorber, maka bahan isolator harus memiliki :



- 1) konduktivitas termal yang rendah
- 2) tahan terhadap suhu maksimum pelat absorber tanpa terjadi perubahan sifat insulasinya.

Bahan insulasi dapat berupa : Pulyurethane, glasswool, rockwool, dan lain-lain yang setara.

#### 4.1.4. Tutup Atas

Tutup atas berfungsi meneruskan radiasi surya yang datang, menghambat perpindahan panas dari kolektor ke udara luar yang lebih dingin dan melindungi kolektor terhadap cuaca.

Bahan tutup atas harus memiliki sifat sbb. :

- 1) Daya tembus (Transmisivity) tinggi untuk radiasi surya.
- 2) Ketahanan yang baik terhadap radiasi surya.
- 3) Ketahanan yang baik terhadap radiasi kimia dan beban lingkungan seperti air hujan, polutan di atmosfer (atmospheric pollutant) serta deterjen ketika tutup dibersihkan.
- 4) Tahan terhadap suhu lingkungan yang tinggi dan rendah tanpa menimbulkan pelunakan (softening) maupun penggetasan (brittlemment) yang berarti.

Bahan yang dapat digunakan untuk tutup adalah : kaca atau kaca yang dikeraskan (tempered), maupun bahan plastik, dsb.

#### 4.1.5. Kotak kolektor (Collector Box)

Kotak kolektor harus tahan terhadap cuaca, cukup kuat dan kokoh menahan beban yang terjadi sewaktu pemasangan maupun selama beroperasi, tanpa menimbulkan kegagalan mekanis pada tutup kolektor atau komponen lainnya seperti pecahnya tutup kaca serta kerusakan pada lak (seal).

Kotak kolektor harus dapat menghindarkan terjadinya kondensasi-dalam (Internal Condensation) yang berlebihan yang dapat mengurangi efektivitas insulasi, mengurangi daya tembus, menyebabkan korosi atau degradasi pada permukaan absorber.

Bahan untuk kotak kolektor dapat dipilih antara lain dari : Aluminium fibre-glass, serta jenis polimer.

#### 4.2. Bahan Tangki (Container)

Pemilihan bahan tangki didasarkan atas kekuatannya terhadap beban atau muatan dan tekanan kerja, serta kestabilan fisik maupun kimiawi saat kontak dengan fluida kerja pada temperatur dan tekanan kerjanya, maupun kontak dengan udara luar.

##### 4.2.1. Tangki Dalam

Bahan tangki dalam yang kontak dengan isi harus tahan korosi selama usia pakai, tidak bereaksi dengan isinya (air) arti tidak berubah warna, bau dan rasa serta komposisi kimianya, sehingga tidak membahayakan kesehatan pemakai.

Bahan tangki-dalam harus dapat menjamin tidak akan terjadi perubahan bentuk tangki yang berarti, akibat panas serta bebannya.



Bahan untuk tangki dalam dapat dipilih dari : plat baja tahan korosi, baja yang dilapisi bahan anti korosi (mis : enamel, epoxy), dan sebagainya.

#### 4.2.2. Isolator

Bahan isolator tangki yang digunakan harus mampu menahan kehilangan panas air di dalam tangki seminimal mungkin, dan dapat memberikan tambahan kekuatan dan kekakuan tangki secara menyeluruh, misalnya : Polyurethane atau bahan lain dengan sifat-sifat yang setara atau lebih baik.

#### 4.2.3. Selubung Tangki

Selubung tangki harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk menahan beban sewaktu pemasangan ataupun selama dioperasikan dan harus memiliki ketahanan yang baik terhadap beban lingkungan.

Bahan untuk selubung dapat dipilih dari : baja tahan korosi, Aluminium yang dianodisasi, logam yang dilapisi bahan tahan korosi.

### 4.3. Bahan Asesori

#### 4.3.1. Pipa Penghubung

Pipa penghubung dapat terbuat dari tembaga, baja tahan karat, karet (slang) yang tahan panas dan tekanan kerja.

#### 4.3.2. Alat Penyambung Pipa

Alat penyambung umumnya terbuat dari kuningan, baja tahan korosi atau bahan tahan korosi lainnya serta diberi paking karet atau seal yang tahan cuaca untuk mencegah kebocoran.

#### 4.3.3. Elemen Pengikat

Sesuai dengan fungsinya untuk mengikat atau menambatkan kolektor dan/atau tangki pada dudukannya atau atap. Elemen pengikat dipilih berdasarkan kekuatan mekaniknya serta ketahanan terhadap cuaca.

Elemen pengikat dapat terbuat dari : baja tahan karat, atau baja digalvanis atau diberi lapisan anti korosi lainnya.

#### 4.3.4. Katup Pengaman Tekanan

Katup pengaman tekanan dipasang langsung pada tangki. Katup ini terbuat dari logam tahan korosi misal : Baja tahan korosi, kuningan.

### 4.4. Pemanas Tambahan

Bahan yang kontak dengan air disyaratkan menggunakan bahan yang tahan korosi serta tidak mencemari air yang digunakan, seperti : baja tahan karat atau tembaga yang diberi lapisan tahan korosi.



## 5. SYARAT MUTU

### 5.1. Ketahanan dan Keandalan

#### 5.1.1. Ketahanan Terhadap Kebocoran

Sistem harus mampu menahan tekanan uji sebesar 1,5 kali tekanan kerja yakni 300.000 Pa (sekitar 3 bar), dengan tekanan kerja sistem 200.000 Pa (sekitar 2 bar).

#### 5.1.2. Ketahanan terhadap korosi

Komponen PATS yang kontak dengan fluida kerja (air) maupun yang berhubungan langsung dengan udara luar disyaratkan harus tahan korosi.

#### 5.1.3. Ketahanan Terhadap Stagnasi Suhu Tinggi Tanpa Fluida Kerja

Kolektor PATS harus mampu menahan temperatur setara dengan radiasi sebesar  $800 \text{ W/m}^2$  selama waktu kumulatif 30 jam dalam keadaan tidak terisi fluida kerja.

#### 5.1.4. Ketahanan Terhadap Beban Kejut

Kolektor PATS harus mampu menahan perubahan suhu mendadak pada saat dioperasikan pada radiasi matahari sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$  hingga suhunya berubah atau menurun sebesar  $40^\circ\text{C}$  dalam waktu 15 menit.

#### 5.1.5. Ketahanan Terhadap Perembesan Air Hujan

Kolektor PATS harus mampu menghindarkan rembesan air hujan masuk ke dalam kolektor.

### 5.2. Syarat Keamanan

#### 5.2.1. Katup pengaman tekanan harus berfungsi pada tekanan yang ditetapkan (setting pressure) oleh pembuat.

#### 5.2.2. Pengendali suhu (thermostat) harus dapat bekerja pada rentang suhu yang ditetapkan (setting temperature range) oleh pembuat.

### 5.3. Faktor Kehilangan Panas

#### 5.3.1. Tangki

Tangki PATS harus diberi isolasi sehingga faktor kehilangan panas total yang terjadi tidak lebih besar dari  $1,75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

#### 5.3.2. Kolektor

Kolektor PATS harus diisolasi sehingga faktor kehilangan panas total yang terjadi tidak lebih besar dari  $7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

### 5.4. Unjuk Kerja

#### 5.4.1. Fraksi Matahari

Penggunaan air panas oleh orang dewasa dapat dianggap sebanyak 45 liter pada  $60^\circ\text{C}$  per hari.

Jadi setiap PATS dibagi menurut kapasitasnya berdasarkan kebutuhan di atas sebagai contoh : untuk kebutuhan 3 orang dewasa maka kapasitas tangki PATS minimal adalah 135 liter, dst.



Energi matahari yang terserap oleh absorber dan dipakai untuk memanaskan air, minimal harus berjumlah 65 % dari kebutuhan energi pemanasan total, sisanya diperoleh dari sumber lain seperti pemanas listrik, bahan bakar fosil, gas, dsb.

#### 5.4.2. Suhu Stagnasi

Dalam keadaan stagnasi suhu maksimum dari air yang dipanaskan oleh suatu PATS harus tidak boleh kurang dari 70 °C.

#### 5.4.3. Klasifikasi

Berdasarkan kemampuan menyerap dan meneruskan energi radiasi matahari ke air potable, maka PATS dikelompokkan sebagai berikut :

Kelas	M Joule			kWH		
I	L e b i h	dari	14000	l e b i h	dari	3889
II	12000	s/d	14000	3333	s/d	38889
III	10000	s/d	12000	2778	s/d	3333
IV	8000	s/d	10000	2222	s/d	2778

Angka di atas diperoleh berdasarkan referensi kolektor seluas 4 m<sup>2</sup> dengan memperhitungkan jumlah energi yang terkandung dalam air potable yang dipanaskan dari suhu awal 30 °C dihitung selama 1 tahun.

## 6. CONTOH UJI

### 6.1. Cara Pengambilan Contoh

6.1.1. Contoh yang akan diuji harus dipilih secara acak oleh petugas yang berwenang dan harus dilengkapi dengan penjelasan mengenai spesifikasi teknis dan bahan yang dipakai.

6.1.2. Jumlah contoh uji ditetapkan sebanyak 1 unit untuk setiap 100 unit PATS.

### 6.2. Pengiriman Contoh

Pengiriman contoh uji harus sesuai dengan tata cara pengiriman yang dilakukan oleh pembuat PATS.

Pembukaan kemasan dilakukan bersama-sama antara pihak pengirim dan pihak penguji dan harus dibuat berita acara serah terima.



## 7. CARA UJI

Pengujian mutu Pemanas Air Tenaga Surya dalam standar ini diklasifikasi menjadi tiga bagian yaitu :

- a. Persiapan pengujian
- b. Pengujian ketahanan dan keandalan
- c. Pengujian unjuk kerja.

### 7.1. Persiapan Pengujian

- 7.1.1. Sebelum dilakukan integrasi dan/atau instalasi, jenis dan jumlah komponen dari contoh uji yang dikirim dicatat/dilakukan pendataan dan didokumentasikan besaran-besaran fisisnya seperti dimensi dan beratnya.
- 7.1.2. Pelaksanaan integrasi dan instalasi dilakukan oleh pihak pembuat dan atau penguji, dicatat dan didokumentasikan oleh pihak penguji.
- 7.1.3. Pemasangan alat ukur pada contoh uji harus dilakukan bersama dengan pembuat, kecuali ada kesepakatan lain antara pihak penguji dan pembuat.

### 7.2. Pengujian Ketahanan dan Keandalan

#### 7.2.1. Penjelasan Umum

Komponen Pemanas Air Tenaga Surya (PATs) disyaratkan untuk tahan terhadap sejumlah pengaruh yang secara jelas dapat dinyatakan dengan besaran. Seperti : tekanan tinggi dari fluida dalam, suhu tinggi dan penyusutan air hujan. Disamping kemampuannya untuk tahan terhadap kondisi ekstrim ini, PATs harus juga tahan terhadap cuaca alami.

Terhadap dua pendekatan di dalam menganalisa ketahanan komponen PATs terhadap cuaca, yaitu :

- Meramalkan ketahannya terhadap cuaca jangka panjang dari gejala yang timbul pada jangka pendek pada posisinya di alam terbuka.
- Menggunakan pengujian laboratorium yang mempercepat proses penuaan

Dengan demikian secara berurutan terdapat enam jenis pengujian ketahanan dan keandalan, yaitu :

- Pengujian tekanan-dalam pada alur fluida absorber, tangki penyimpanan dan sistem terpasang.
- Pengujian tahan korosi dipercepat dengan semprot kabut garam
- Pengujian stagnasi suhu tinggi
- Pengujian beban kejutan termal dari luar.
- Pengujian perembesan air hujan.

#### 7.2.2. Pengujian Tekanan-Dalam pada Alur Fluida Absorber Tangki, Penyimpan dan Sistem Terpasang.



#### 7.2.2.1. Tujuan

Untuk menguji ketahanan komponen PATS yaitu alur fluida absorber, tangki dalam, pipa-pipa penghubung dan alat penyambung terhadap tekanan dalam yang mungkin timbul pada saat penggunaannya.

#### 7.2.2.2. Prosedur

Secara umum prosedur pengujian ini mengacu pada SII. 0125 - 75, *Cara Uji Tahan Air (Uji Tekanan Hidrostatik)*, dengan beberapa ketentuan khusus seperti berikut ini.

Pengujian ini disamping dilakukan pada sistem terpasang keseluruhan, juga pada kolektor dan tangki penyimpanan secara terpisah.

Jika tidak terdapat katup pelepas tekanan (pressure relief valve) maka tekanan uji yang digunakan ditetapkan sebagai berikut :

300.000 Pa (sekitar 3 bar) untuk uji tekanan pada tangki penyimpanan,

300.000 Pa (sekitar 3 bar) untuk uji tekanan pada kolektor

300.000 Pa (sekitar 3 bar) untuk uji tekanan pada sistem terpasang.

Jika tangki penyimpanan, kolektor atau sistem terpasang dilengkapi dengan katup pelepas tekanan, maka besar tekanan uji adalah 1,5 kali tekanan kerja maksimumnya, yaitu tekanan-tekanan di dalam sistem (tangki penyimpanan, kolektor atau sistem terpasang) pada saat katup pelepas tekanan mulai membebaskan tekanan dalam, atau tekanan katup pelepas yang telah diatur, tergantung mana yang lebih besar.

Pengujian dilakukan pada suhu ambient. Benda uji diisi dengan fluida kerja (biasanya air), dan peralatan yang lazim digunakan untuk membangkitkan tekanan hidrolik adalah kompresor atau pompa tangan yang dihubungkan sedemikian rupa dengan benda uji tersebut. Pompa atau kompresor harus dilengkapi dengan gauge tekanan dan katup pengaman untuk menjamin bahwa hanya penekanan hingga harga yang dikehendaki yang dapat diberikan.

Tekanan uji dijaga konstan dan dipantau selama 15 menit. Kemudian benda uji dipisahkan dari pompa atau kompresor dan tekanan dalamnya dipantau lagi selama 15 menit.

Selama pengujian berlangsung harus dilakukan usaha pencegahan kecelakaan kerja akibat yang mungkin terjadi kerusakan. Kecuali untuk uji kebocoran pada tekanan yang sangat rendah, pengujian dengan tekanan pneumatik harus tidak dilakukan karena resiko bahaya kerusakan yang ditimbulkannya.



#### 7.2.2.3. Hasil Pengujian

Jenis kerusakan yang telah diperiksa seperti kebocoran, swelling dan distorsi harus dilaporkan bersama-sama nilai suhu dan tekanan yang digunakan selama pengujian.

#### 7.2.3. Pengujian Tahan Korosi Dipercepat dengan Semprot Kabut Garam

##### 7.2.3.1. Tujuan

Untuk menguji ketahanan komponen PATS terhadap korosi yang dapat mempercepat proses penuaannya.

##### 7.2.3.2. Prosedur

Secara umum prosedur pengujian mengacu kepada :

SII.0400 - 80, *Korosi, Cara Uji Ketahanan dengan Semprot Kabut Garam*

SII.0401 - 80, *Korosi, Alat Uji, dengan Semprot Kabut Garam*

SII.0493 - 81, *Korosi, Cara Uji Ketahanan Dipercepat dengan Semprot Kabut Garam Asam Asetat*

SII.0494 - 81, *Korosi, Cara Uji Ketahanan Dipercepat dengan Semprot Kabut Garam Asam Asetat Garam Tembaga*

SII.0403 - 80\*, *Contoh Yang Dicat atau Dilapisi Dalam Lingkungan Yang Korosif, Cara Penilaian*

Sebelum komponen (benda uji) diletakkan di dalam ruang pengujian dan mengalami semprot garam, permukaan pelapis yang akan diuji harus ditoreh.

Beberapa torehan pola segi empat dengan panjang 60 mm, lebar 0,5 mm dan cukup dalam untuk menampilkan lapisan di bawahnya dibuat dekat dengan pusat permukaan yang ditampilkan.

Setelah penorehan selesai, benda uji diletakkan di dalam ruang pengujian dan harus tidak menyentuh bagian-bagian metal ruangan ini.

Temperatur ruang uji adalah 10 - 40 °C dan penyemprotan dilakukan selama kurang lebih 500 jam.

Setelah penyemprotan selesai, benda uji dicuci bersih dan dikeringkan, kemudian dilakukan pengujian dengan peletakan pita perekat pada permukaan-permukaan yang ditoreh. Jenis pita perekat yang dipakai adalah jenis standar (misal : Scotch 600 atau Tesa 104), ditempelkan pada torehan selama 10 menit, kemudian dilepas untuk menguji daya lekat pelapisan setelah ditampilkan dalam lingkungan yang korosif.

\*) SII. 0403 - 80, tidak berlaku untuk lapisan permukaan pelat absorber.



#### 7.2.3.3. Hasil Pengujian

Oksidasi dan degradasi lainnya yang terjadi pada daerah permukaan uji dengan pelekatan pita perekat dilaporkan bersama-sama setiap terjadinya korosi dan/atau kerusakan lainnya.

#### 7.2.4. Pengujian Stagnasi Suhu Tinggi

##### 7.2.4.1. Tujuan

Untuk menguji ketahanan kolektor PATS terhadap suhu stagnasi tinggi yang ditimbulkan oleh absorbernya.

##### 7.2.4.2. Prosedur

Pasang kolektor seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dan kosongkan dari fluida kerja pemindah energi panasnya.

Lubang pipa fluida masuk ke kolektor disumbat untuk mencegah pendinginan oleh sirkulasi alami udara, dan lubang pipa fluida keluar dibiarkan tetap terbuka untuk memberi kesempatan kepada udara di dalam absorber berekspansi bebas. Adapun pemilihan di antara kedua lubang ini untuk disumbat adalah tidak mengikat asalkan salah satu diantaranya harus dibiarkan tetap terbuka. Sebuah sensor suhu ditempelkan pada absorber untuk memantau suhunya selama pengujian.

Di alam terbuka pengujian dilakukan hingga sekurang-kurangnya 30 jam kolektor menerima radiasi matahari yang lebih besar dari pada  $800 \text{ W/m}^2$  dengan suhu udara sekeliling antara 15 hingga  $30^\circ\text{C}$ .

##### 7.2.4.3. Hasil Pengujian

Kolektor harus diperiksa dan jika mungkin dibongkar sehingga seluruh bagiannya dapat ditentukan tingkat degradasi, pengerutan, outgassing dan distorsinya. Laporan hasil pengujian harus meliputi nilai-nilai radiasi matahari, suhu udara sekeliling, kecepatan angin dan suhu absorber yang tercatat selama pengujian.

#### 7.2.5. Pengujian Beban Kejut Termal dari luar

##### 7.2.5.1. Tujuan

Untuk menguji ketahanan kolektor PATS terhadap beban kejut termal dari luar.



#### 7.2.5.2. Prosedur

Secara umum prosedur pengujian mengacu kepada SII. 0055 - 84, *Cara Uji Kejut Suhu Gelas Wadah*, dan SII.1920 - 86, *Cara Uji Daya Tahan Kejut Suhu Bata Tahan Api*, dengan ketentuan-ketentuan khusus adalah sebagaimana berikut.

Pemasangan kolektor, pengosongan fluida kerja pemindah energi panas, penutupan lubang pipa dan pemasangan sensor suhu pada absorbernya dilakukan seperti pada butir 7.2.4.

Suatu susunan berupa deretan penyemprot air dipasang sedemikian rupa di atas kolektor sehingga dapat memberikan semprotan air yang seragam kepada tutup atas kolektor.

Selama satu jam sebelum penyemprotan dimulai, kolektor dijaga pada kondisi operasi tunak (steady state) pada radiasi matahari sekitar  $900 \text{ W/m}^2$ , sampai  $1.000 \text{ W/m}^2$  dan suhu udara sekeliling antara  $15^\circ\text{C}$  sampai  $30^\circ\text{C}$ .

Penyemprotan air yang bersuhu antara  $15^\circ\text{C}$  sampai  $30^\circ\text{C}$  dilakukan selama 15 menit dengan laju penyemprotan antara 0,04 sampai 0,06 liter perdetik per  $\text{m}^2$  luas permukaan kolektor.

#### 7.2.5.3. Hasil Pengujian

Kolektor harus diperiksa dan jika mungkin dibongkar sehingga seluruh bagiannya dapat ditentukan tingkat kerusakannya yang berupa retakan, distorsi, kondensasi atau penyusupan air. Laporan hasil pengujian harus meliputi nilai-nilai radiasi matahari, suhu udara sekeliling, suhu dan laju air penyemprot yang terukur selama pengujian.

#### 7.2.6. Pengujian Perembesan Air Hujan

##### 7.2.6.1. Tujuan

Untuk menguji ketahanan PATS terhadap perembesan air hujan.

##### 7.2.6.2. Prosedur

Secara umum prosedur pengujian ini mengacu kepada SII.0124 - 75, *Cara Uji Tahan Air (Uji Siram)*, dengan ketentuan seperti berikut ini.

Pengujian dilakukan terhadap unit PATS terpasang seperti dijelaskan pada butir sebelumnya, dan sistem harus dalam keadaan kosong selama pengujian berlangsung. Di atas sistem dipasang susunan deretan penyemprot air sedemikian rupa sehingga dapat memberikan semprotan yang seragam dan yang jatuh dipermukaan atas kolektor datang tegak lurus terhadapnya.

Sebelum pengujian dilaksanakan, seluruh lubang fluida masuk ke dalam ke luar dari sistem harus disumbat, kemudian sistem ditimbang.

Penyemprotan dimulai bila suhu absorber hampir sama dengan suhu udara sekeliling. Lama penyemprotan adalah 4 jam pada sembarang radiasi matahari (termasuk radiasi nol) dan suhu air penyemprot berkisar antara



5 °C sampai 30 °C dengan laju penyemprotan antara 0,04 sampai 0,06 liter perdetik epr m<sup>2</sup> luas permukaan kolektor.

Disamping penyemprotan dari atas, dapat juga dilakukan penyemprotan dari segala arah ke sisi-sisi samping dan bawah sistem.

Setelah penyemprotan selesai, permukaan luar sistem dikeringkan dan sistem ditimbang lagi.

#### 7.2.6.3. Hasil Pengujian

Berat sistem sebelum dan sesudah pengujian (penyemprotan) dilaporkan beserta dengan tanda-tanda yang tampak dari penyusupan air jika sistem dibongkar.

Untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada pengujian butir 7.2.4, maka disarankan pengujian penyusupan air hujan ini dilaksanakan sebelum dan sesudah pengujian butir 7.2.4.

#### 7.2.7. Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian disarankan untuk dilakukan mengikuti urutan sebagai berikut :

1. Pengujian tekanan dalam pada alur fluida absorber dan tangki penyimpanan.
2. Pengujian perembesan air hujan 1.
3. Pengujian stagnasi suhu tinggi tanpa fluida kerja.
4. Pengujian beban kejut dari luar
5. Pengujian perembesan air hujan 2.

#### 7.3. Pengujian Keamanan

7.3.1. Pengujian katup pengaman tekanan mengacu pada ketentuan ISO.4126 - 1979 (E).

7.3.2. Pengujian Thermostat pengaman suhu mengacu pada ketentuan yang ada.

#### 7.4. Pengujian Unjuk Kerja

##### 7.4.1. Penjelasan umum

Pengujian unjuk kerja termal dalam standar ini digunakan untuk PATS yang dirancang untuk memanaskan air bersih yang sesuai dengan yang dianjurkan oleh Departemen Kesehatan, yang disalurkan guna keperluan air panas domestik.

Prosedur pengujian pada standard ini diarahkan pada pengujian Unjuk Kerja PATS di alam terbuka (Outdoor Teststand)

Prosedur pengujian pada standar ini tidak menghendaki PATS diperlakukan pada kondisi beku (freezing condition).

##### 7.4.2. Kondisi pengujian

###### 7.4.2.1. Lingkungan pengujian

Seluruh komponen PATS dipasang di alam terbuka.

Suhu udara ambien rata-rata ditetapkan sebagaimana suhu udara di sekitar komponen PATS selama pengujian di alam terbuka berlangsung berdasarkan pada pengukuran 24 jam terus menerus selama pengujian.



#### 7.4.2.2. Radiasi matahari

Radiasi matahari datang yang digunakan pada pengujian ini ditetapkan sebagaimana radiasi matahari yang ada di tempat pengujian selama pengujian di alam terbuka berlangsung, dan diukur berdasarkan pada pengukuran 24 jam terus menerus untuk setiap hari pengujian.

#### 7.4.2.3. Suhu Air masuk Sistem

Jika selama pengujian PATS sistem pemipaan dilengkapi dengan alat pengatur suhu air masuk ke sistem, maka suhu ini harus dikontrol pada  $t_{\text{main}} \pm 1^\circ\text{C}$ .

Jika sistem pemipaan tidak dilengkapi dengan alat pengatur suhu air masuk ke sistem, maka suhu ini adalah suhu air yang relatif dingin, berasal dari sumber penyalur (misal menara air), yang belum mengalami proses pemanasan.

#### 7.4.3. Instalasi Pengujian

##### 7.4.3.1. Pipa penghubung kolektor dan tangki

Pengujian dilakukan dengan komponen-komponen sistem dipasang sesuai dengan instruksi instalasi yang diterbitkan oleh pabrik pembuatnya. Pipa-pipa penghubung dan seluruh perpipaan harus diisolasi dengan isolator yang mempunyai tahanan termal yang baik.

##### 7.4.3.2. Orientasi kolektor

Kolektor dipasang dengan sudut kemiringan optimal sesuai dengan letak lintang tempat pengujian dengan permukaan atasnya menghadap ke peredaran matahari sesuai dengan pertimbangan desain PATS tersebut.

##### 7.4.3.3. Radiasi matahari langsung pantulan

Kolektor dan komponen sistem lainnya ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi bayangan pada permukaan atas kolektor selama pengujian berlangsung.

Harus dihindarkan terjadinya pantulan radiasi matahari dari bangunan atau permukaan lain disekeliling sistem seperti lembaran kaca, plat metal dan limpahan air selama pengujian.

Disamping itu tempat pengujian harus jauh dari sumber atau benda yang dapat merubah temperatur udara ambien disekeliling sistem seperti cerobong asap, menara pendingin atau lubang pengeluaran panas.

##### 7.4.3.4. Hembusan angin

Pemasangan kolektor PATS harus memberi kebebasan kepada angin untuk bertiup melalui permukaan atas, bawah dan sisi tepinya.

Jika tempat pengujian di atas atap bangunan, maka kolektor dan/atau sistem harus ditempatkan sekurang-kurangnya 2 meter dari sisi tepi atap.

##### 7.4.3.5. Konfigurasi lubang air masuk dan keluar sistem

Bila sumbu lubang air dingin masuk dan lubang air panas keluar ke dan dari SPATS yang diuji berada pada posisi vertikal, maka pemipaan harus dibengkokkan ke posisi horizontal pada jarak vertikal sependek mungkin. Pemipaan lubang air panas keluar sistem harus dilengkapi de-



ngan katup-aksi-cepat yang diletakkan cukup jauh dari titik pengukuran temperatur dan sedekat mungkin ke tangki.

#### 7.4.3.6. Pengaturan aliran air

Katup pengatur aliran air harus dipasang, agar besar laju alir air yang telah ditetapkan dapat dijamin selalu sama untuk setiap pengeluaran air panas dari PATS.

#### 7.4.4. Instrumentasi

##### 7.4.4.1., Alat ukur radiasi matahari

Jika kolektor PATS yang digunakan dari jenis terpusat maka pengukuran radiasi matahari memakai piranometer dan pirheliometer. Jika digunakan jenis kolektor yang bukan kolektor terpusat maka pengukuran radiasi matahari memakai dua piranometer, salah satu diantaranya dilengkapi dengan sabuk lingkaran pembayang.

Instrumen tersebut harus memenuhi karakteristik minimal yang konsisten dengan persyaratan yang berlaku untuk piranometer atau pirheliometer kelas utama seperti yang diklasifikasikan oleh WMO (World Meteorological Organization).

(lihat Lampiran A)

##### Pemasangan Piranometer

Piranometer dipasang sedemikian rupa sehingga sensornya sebidang dengan bidang efektif kolektor dan harus tidak menimbulkan bayangan pada bidang efektif tersebut selama pengujian.

Intensitas radiasi yang diterima oleh piranometer harus mewakili intensitas radiasi yang diterima kolektor. karenanya piranometer dipasang dekat dengan kolektor. Harus diusahakan untuk meminimumkan energi yang dipantulkan dan diradiasikan kembali oleh kolektor ke piranometer. Piranometer dirancang untuk digunakan pada posisi horizontal dan dilengkapi dengan piringan lebar berwarna putih untuk melindungi badan instrumen dari radiasi matahari. Bila piranometer digunakan pada posisi miring, maka perlindungan tambahan harus ditambahkan untuk melindungi sisi belakang instrumen dari radiasi difus.

Piranometer harus terventilasi dengan baik oleh udara ambien pada seluruh permukaannya. Kabel-kabel harus terlindung dari radiasi matahari langsung dan dari gangguan elektromagnetik.

##### 7.4.4.2. Alat ukur suhu

###### 1. Titik pengukuran

Paling sedikit diperlukan enam titik pengukuran suhu pada pengujian unjuk kerja PATS yaitu :

- a. Suhu air dingin masuk ke sistem
- b. Perbedaan suhu air antara keluaran dan masukan sistem
- c. Suhu fluida masuk ke kolektor
- d. Perbedaan suhu fluida antara keluaran dan masukan kolektor
- e. Suhu udara ambient
- f. Suhu air di dalam tangki.



## 2. Ketepatan dan ketelitian

Ketepatan dan ketelitian instrumen termasuk peralatan pembacanya harus berada dalam limit sebagai berikut :

Titik pengukuran	Ketepatan	Ketelitian
Suhu masukan ke sistem	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
Suhu masukan ke kolektor	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
Suhu ambient	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
Beda suhu pada sistem air panas (air dingin masuk hingga air panas keluar)	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
Perbedaan suhu pada kolektor	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
Suhu air dalam tangki	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

## 3. Pembagian skala

Dalam keadaan bagaimanapun, pembagian skala terkecil dari instrumen atau sistem instrumen harus tidak lebih besar dari pada 2 kali ketelitian yang ditetapkan. Sebagai contoh, jika ketelitian yang ditetapkan adalah  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  maka pembagian skala terkecil harus tidak lebih besar dari  $0.2^{\circ}\text{C}$ .

## 4. Penempatan sensor suhu ambien

Untuk keperluan pengukuran di alam terbuka (outdoor measurements) transducer atau sensor suhu harus dilindungi dari radiasi matahari langsung atau yang terpantulkan, dengan menempatkannya di dalam suatu kotak pelindung yang berventilasi dengan baik dan dicat putih, atau ditempatkan di dalam dua pipa metal vertikal yang konsentrik.

Rumah kotak pelindung harus ditempatkan setinggi 1.2 m dari permukaan tanah dan jaraknya dari komponen PATS tidak kurang dari 1.5 meter.

## 5. Suhu masukan ke sistem atau ke kolektor

Sensor suhu harus diletakkan tidak lebih jauh dari 200 mm dari lubang ke sistem atau ke kolektor. Jika diperlukan untuk menempatkan sensor suhu tersebut di luar rentang yang telah ditetapkan, maka suatu uji pengecekan harus dilakukan untuk membuktikan bahwa pengukuran temperatur fluida tidak terpengaruh.

## 6. Suhu air dalam tangki

Sensor suhu harus ditempatkan pada pusat penampang lintang tangki dalam. Apabila di dalam tangki dilengkapi dengan sumber pemanas tambahan maka penempatan sensor suhu harus diletakkan pada titik yang paling jauh dari sumber pemanas tambahan.



## 7.4.4.3. Alat ukur aliran fluida

Ketepatan alat ukur laju aliran massa fluida harus sama dengan atau lebih kecil dari pada  $\pm 1\%$  dari pembacaan, dalam satuan massa per satuan waktu.

## 7.4.4.4. Alat ukur energi listrik

Energi listrik yang digunakan harus diukur dengan instrumen yang alat pembacanya mempunyai ketepatan hingga  $\pm 1\%$  dari pembacaan.

## 7.4.4.5. Ketelitian alat ukur bahan bakar fosil

Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk energi tambahan oleh PATS harus diukur dengan instrumen dan alat pembacanya mempunyai ketepatan  $\pm 1\%$  dari pembacaannya.

## 7.4.4.6. Alat ukur massa

Pengukuran massa dilakukan dengan ketepatan  $\pm 1\%$  dari pembacaan.

## 7.4.5. Pengujian Tanpa Pengeluaran Air

## 1) Tujuan

Untuk menentukan perkembangan temperatur air didalam sistem, temperatur air maksimum yang dapat dicapai serta untuk menentukan harga-harga kehilangan panas dari kolektor dan tangki penyimpan.

## 2) Prosedur

Malam hari sebelum pengujian dimulai air dingin dialirkan keseluruh sistem untuk mengkondisikan keadaan awal sistem.

Dalam keadaan ini katup pengeluaran air dibuka penuh dan katup pembatas laju aliran air diatur sedemikian rupa sehingga aliran air sekurang-kurangnya 1 liter/menit dan sebesar-besarnya sama dengan kapasitas tangki penyimpan dibagi dua jam. Apabila yang tersebut terakhir ini lebih kecil dari 1 liter/menit maka digunakan laju aliran sebesar 1 liter/menit. Pembatas aliran ini kemudian disegel.

## 3) Pengukuran

Selama periode pengujian diukur suhu air masuk ke dalam kolektor, suhu air masuk ke dalam tangki dan suhu air keluar tangki, suhu ambien, intensitas radiasi surya, selama 24 jam terus menerus.

Harga rata-rata pengukuran diambil sekurang-kurangnya tiap 15 menit. Pengujian dilakukan secara kontinyu sekurang-kurangnya 120 jam. Setelah waktu pengujian (min. 120 jam) dipenuhi, maka pada malam hari atau pada saat matahari terbenam pada hari terakhir pengujian katup pengeluaran air dibuka penuh sepanjang malam.

Selama pengeluaran air parameter-parameter di atas tetap diukur.

## 7.4.6. Pengujian pengeluaran air panas terus-menerus

Pengujian pengeluaran air panas terus menerus dilakukan secara dua tahap, yaitu :

Tahap pertama : Pasokan air panas Hanya Tenaga Surya

Tahap kedua : Pasokan air panas - Hanya Pemanas Tambahan.



#### 7.4.6.1. Pengujian pasokan air panas hanya tenaga surya

##### 1) Tujuan

Untuk menentukan kemampuan sistem pemanas air dalam hal menghasilkan air panas tanpa mengoperasikan sumber energi panas tambahan selama pengeluaran air terus menerus.

##### 2) Prosedur

PATS yang diuji dipanaskan hanya dengan tenaga surya selama siang hari. Pada malam hari atau bersamaan dengan tenggelamnya matahari dilakukan pengeluaran air panas dari tangki penyimpan secara terus menerus.

Seluruh termostat pemanas tambahan, jika ada harus tidak difungsikan. Air dikeluarkan dari sistem pada laju alir seragam seperti yang dilakukan pada pengujian butir 7.4.5.

##### 3) Pengukuran

Suhu air keluar di ukur sedekat mungkin dari lubang keluar tangki penyimpanan dan dicatat segera pada saat pengeluaran dimulai. Demikian seterusnya pencatatan-pencatatan berikutnya dilakukan pada tidak lebih kecil dari pada interval 4,5 kg, dan pengeluaran air dihentikan pada saat beda antara suhu air keluar dari dan suhu air masuk ke sistem lebih kecil dari pada 3,0 °C.

##### 4) Perhitungan

Dari hasil pengujian dibuat gambar kurva yang menunjukkan hubungan antara suhu (jumlah energi) air yang dikeluarkan sebagai ordinat dengan jumlah volume pengeluaran air sebagai absis.

Energi yang ada di dalam tangki penyimpan dihitung sebagai berikut :

$$Q = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=1}^n C_f \cdot (T_{f,j} - T_{main}) \cdot m_j \quad (7.1)$$

#### 7.4.6.2. Pengujian pasokan air panas - hanya pemanas tambahan

##### 1) Tujuan

Untuk menentukan kemampuan sistem pemanas air dalam hal menghasilkan air panas dengan hanya mengoperasikan pemanas tambahan selama pengeluaran air terus menerus.

##### 2) Prosedur

Setelah selesai pengujian seperti yang ditunjukkan butir 7.4.6.1, unit pemanas air dipanaskan lagi dengan menggunakan pemanas tambahan yang termostatnya diatur pada  $T_{set}$  hingga suhu mencapai  $T_{set} \pm 3,0$  °C dan termostat menghentikan operasi pemanas tambahan. Selanjutnya termostat tidak difungsikan dan sepuluh menit kemudian dilakukan pengeluaran air panas dari tangki penyimpan secara terus menerus pada laju alir seragam.



### 3) Pengukuran

Suhu air keluar di ukur sedekat mungkin dari lubang keluar tangki penyimpanan dan dicatat segera pada saat pengeluaran dimulai. Demikian seterusnya pencatatan-pencatatan berikutnya dilakukan pada tidak lebih kecil dari pada interval 4,5 kg, dan pengeluaran air dihentikan pada saat beda antara suhu air keluar dan suhu air masuk ke sistem lebih kecil dari pada 3 °C.

### 4) Perhitungan

Dari hasil pengujian dibuat gambar kurva yang menunjukkan hubungan antara suhu (jumlah energi) air yang dikeluarkan sebagai ordinat dengan jumlah volume pengeluaran air sebagai absis.

Energi panas air yang mampu dipasok oleh pemanas tambahan  $Q_A$ , pada pengujian ini dihitung sebagai berikut :

$$Q = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=1}^n C_f \cdot (T_{f,j} - T_{main}) \cdot m_j \quad (7.1)$$

## 8. SYARAT LULUS UJI

### 8.1. Lulus Uji

Suatu PATS atau kelompok PATS dinyatakan lulus uji bila contoh uji memenuhi semua persyaratan dalam butir 5.

### 8.2. Uji Ulang

Bila salah satu persyaratan dalam butir 5 tidak dipenuhi, maka dapat diadakan uji ulang dengan contoh uji hanya pada bagian atau komponen yang tidak lulus pada pengujian sebelumnya, dengan jumlah 2 kali contoh uji terdahulu dari kelompok contoh uji yang sama.

Bila dalam uji ulang ini semua persyaratan butir 5, dapat dipenuhi oleh semua contoh uji, maka kelompok SPATS tersebut dinyatakan lulus uji. Tetapi bila ada salah satu persyaratan butir 5 tidak dipenuhi, maka kelompok SPATS itu dinyatakan tidak lulus uji.

## 9. SYARAT PENANDAAN

Pada setiap PATS harus diberi tanda pada tempat yang mudah terlihat dan tidak mudah rusak/lepas, minimal harus mencantumkan :

- Nama dan/atau logo produk dan/atau perusahaan pembuat
- Kode produksi
- Tipe PATS
- Kapasitas
- Kelas PATS
- Tanda buatan Indonesia.



## 10. SYARAT PENGEMASAN

Untuk menghindari produk dari kerusakan pada saat penyimpanan atau pengangkutan (distribusi) maka PATS harus dikemas dengan menggunakan karton korugasi, serta diberi alas styrofoam atau bahan lain yang setara atau lebih baik untuk menjamin posisi serta mengurangi kemungkinan rusak karena benturan.

Untuk kemudahan PATS dapat dikemas dalam unit lengkap maupun atas komponen-komponennya.

Di dalam kemasan harus disertakan :

- Syarat dan petunjuk pemasangan PATS
- Petunjuk perawatan PATS
- Syarat mutu air yang diperkenankan
- Keterangan umur teknis
- Kartu jaminan.

Bilamana dibutuhkan, kemasan dapat diperkuat dengan memberikan rangka dari kayu atau papan.



## LAMPIRAN A

### 1. Persyaratan Untuk Piranometer dan Pirheliometer Kelas Utama

#### a. Perubahan respons karena variasi suhu ambien.

Instrumen harus dilengkapi dengan sirkuit kompensasi suhu terpasang dan mempunyai sensitivitas suhu kurang dari 1 % pada range  $-20^{\circ}\text{C}$  sampai  $+40^{\circ}\text{C}$ .

#### b. Variasi dalam respons spektral

Kesalahan (errors) piranometer dan pirheliometer yang disebabkan oleh penyimpangan sensor dari respons spektral yang dikehendaki harus tidak melebihi 2 % dari range yang dipandang.

Spesifikasi WMO untuk piranometer kelas utama adalah  $\pm 1\%$ .

#### c. Ketidak - linieran respons

Kecuali piranometer dilengkapi dengan kurva kalibrasi yang menghubungkan keluaran dengan irradiasi, responsnya harus dalam  $\pm 1\%$  dari kondisi linier pada range keberadaan irradiasi selama pengujian.

#### d. Respons waktu piranometer dan pirheliometer

Konstanta waktu piranometer harus kurang dari 5 detik dan konstanta waktu pirheliometer harus kurang dari 25 detik.

#### e. Variasi respons dengan sudut datang

Secara ideal respons piranometer adalah sebanding dengan cosinus sudut datang dan konstan pada seluruh azimuth.

Deviasi piranometer dari respons cosinus sebenarnya adalah harus kurang dari 1 % untuk sudut datang yang dipandang selama pengujian.

### 2. Rangkuman Spesifikasi Unjuk Kerja Alat Ukur Radiasi Matahari

Uraian	Satuan	Piranometer	Pirheliometer
Sensitivitas,	$\text{mW/cm}^2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,4$
Stabilitas	%	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Kompensasi suhu	%	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Selektifitas Spektral	%	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$
Linearitas	%	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Konstanta waktu	detik	$< 5$	$< 25$
Respons Cosinus	%	—	$\pm 1,0$

### 3. Pemeliharaan Piranometer

Permukaan di dalam instrumen harus dijaga tetap kering.

Untuk itu piranometer harus dilengkapi dengan desikator yang kondisinya dapat diperiksa sebelum dan selama pengukuran. Desikator akan mencegah pengumpulan uap air yang dapat mengembun pada permukaan di dalam instrumen sehingga mempengaruhi pembacaannya.



#### 4. Kalibrasi Piranometer

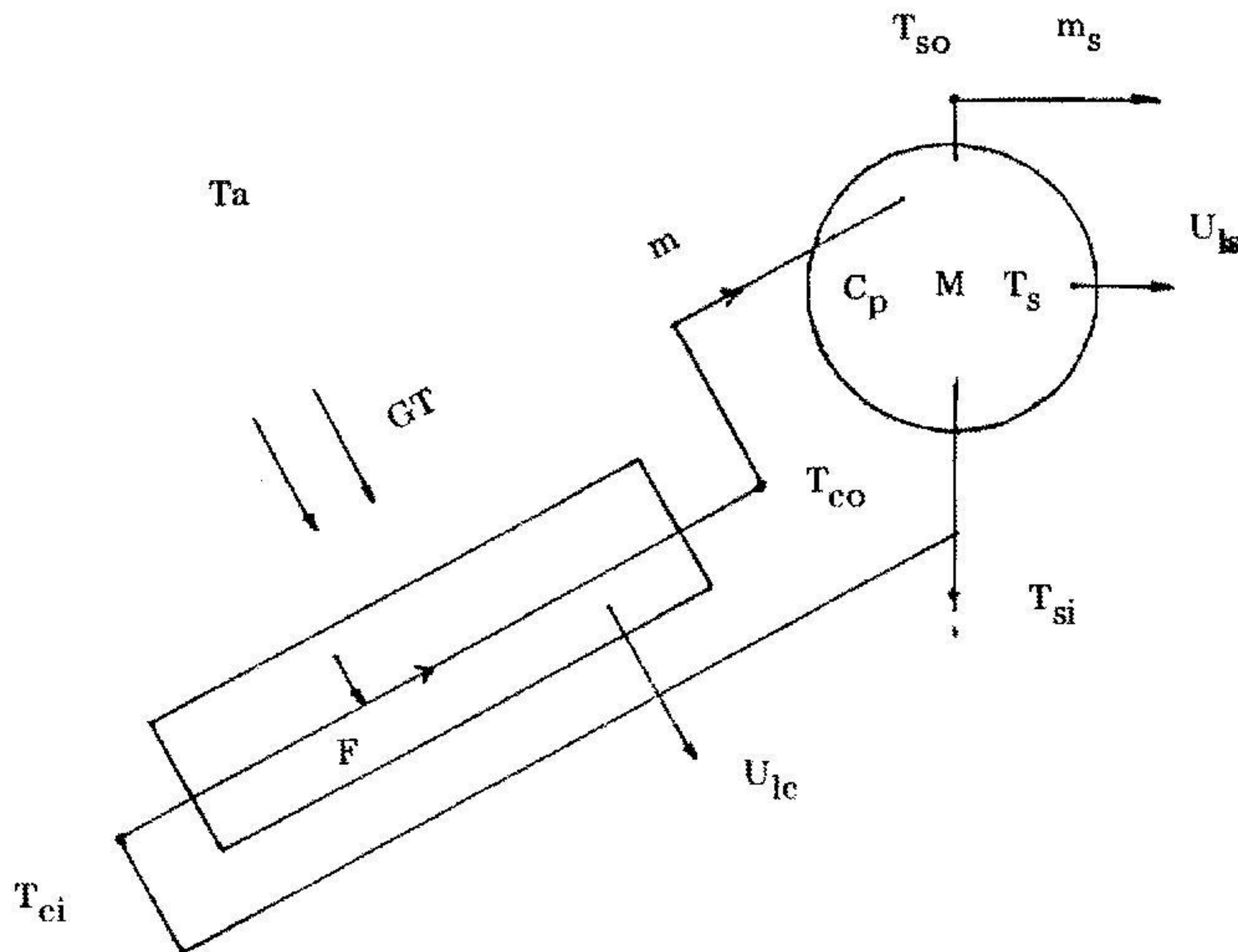
Piranometer harus dikalibrasi sesuai dengan rekomendasi WMO untuk Datum Radiometrik Dunia, dan setiap tahun dikalibrasi ulang baik oleh pabrik pembuat, oleh laboratorium meteorologikal nasional ataupun oleh Pusat Radiasi Dunia. Variasi sebagian besar kalibrasi piranometer terhadap sudut kemiringan adalah kecil (kurang dari 1 %), tetapi jika mungkin pengkalibrasian piranometer memperhitungkan juga efek sudut kemiringan ditempat penggunaannya.

Sembarang perubahan lebih dari 1 % dalam periode setahun akan menyebabkan kalibrasi yang lebih sering atau dilakukan penggantian instrumen.

Jika instrumen mengalami kerusakan yang cukup berarti, maka harus dikalibrasi ulang atau diganti sama sekali.



LAMPIRAN B



- $F$  = faktor efisiensi absorber
- $\tau \alpha$  = hasil kali absorptansi-transmitansi kolektor
- $\eta_c$  = efisiensi kolektor
- $U_{ls}$  = tetapan rugi-rugi panas tangki
- $U_{lc}$  = tetapan rugi-rugi panas kolektor
- $A_c$  = luas efektif kolektor
- $A_s$  = luas efektif tangki
- $t$  = selang waktu pengukuran
- $T_{so}$  = suhu tangki pada awal pengukuran
- $T_{sl}$  = suhu tangki pada akhir pengukuran
- $q_u$  = energi yang terpakai untuk pe manasan air portable dalam tangki
- $M$  = massa air potabel dalam tangki
- $T_s$  = suhu rata-rata air potabel dalam tangki
- $C_p$  = kapasitas panas air potabel dalam tangki
- $G_T$  = radiasi surya yang jatuh pada bidang kolektor
- $m_s$  = laju air potabel dari tangki
- $T_{si}$  = suhu air masuk tangki
- $T_{so}$  = suhu air keluar tangki



- $T_a$  = suhu ambien  
 $T_{ci}$  = suhu fluida pemindah masuk kolektor  
 $T_{co}$  = suhu fluida pemindah keluar kolektor  
 $m$  = laju aliran termosifon fluida pemindah  
 $C_f$  = kapasitas panas fluida pemindah

Rumus-rumus keseimbangan energi pada  $m_s = 0$

$$q_u = H_c - n_c GT - U_{ic} (T_c - T_a) \quad (1)$$

$$q_u = m \cdot C_f (T_{co} - T_{ci}) = m \cdot C_f (T_c) \quad (2)$$

$$q_u = M \cdot C_p \frac{\Delta T_s}{\Delta t} + A_s U_{ls} (T_s - T_a) \quad (3)$$

$$c = \frac{q_u}{A \cdot G_T} = \frac{m \cdot C_f \cdot T_c}{A \cdot G_T} \quad (4)$$

#### 1) Penentuan rugi-rugi panas tangki.

Rugi-rugi panas tangki terbesar terjadi pada malam hari, karenanya perhitungan terapan rugi-rugi panas tangki dihitung berdasarkan data yang diukur pada malam hari.

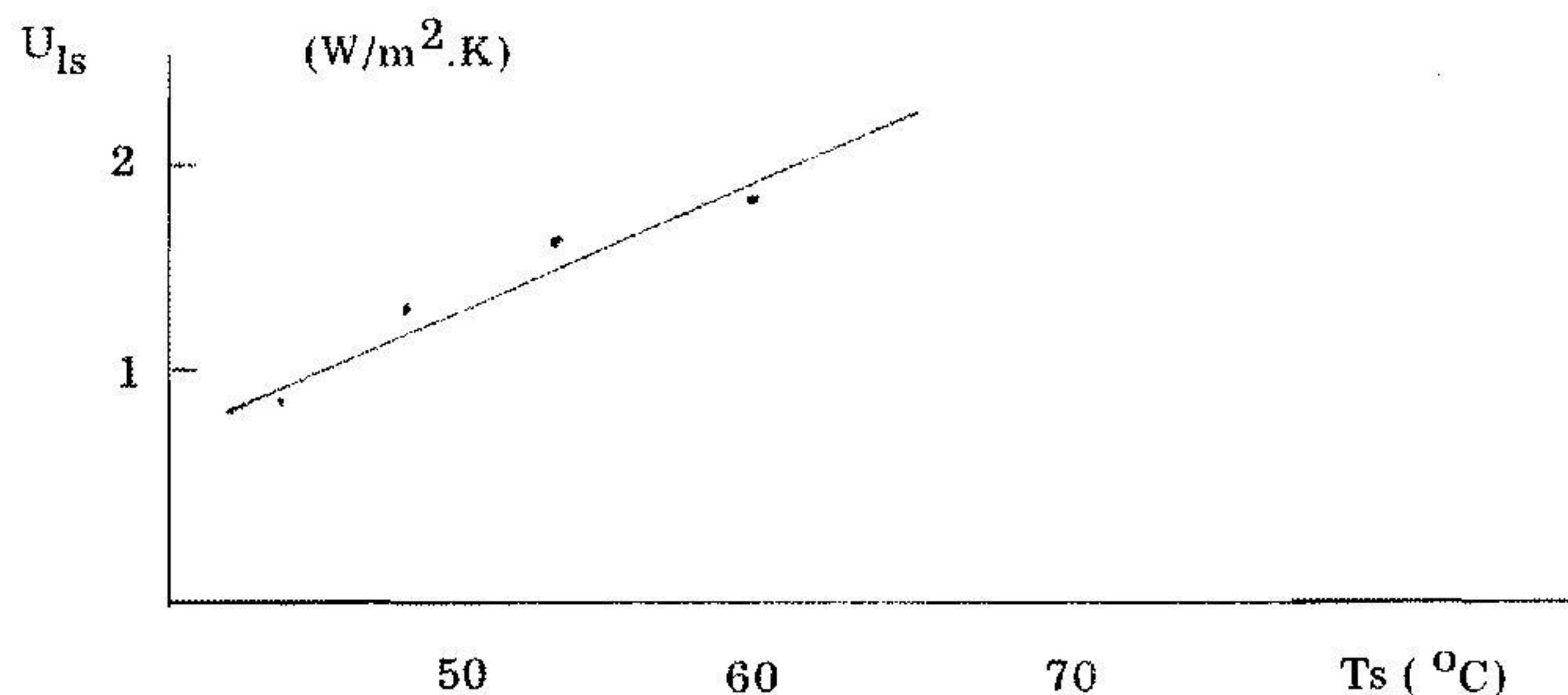
Dari persamaan (3) ( $q_u = 0$ ) maka :

$$U_{ls} = \frac{M \cdot C_p}{A_s \cdot t} \ln \frac{T_{so} - T_a}{T_{sl} - T_{a_i}}$$

Berdasarkan rumus dibuat hubungan antara  $U_{ls}$  vs  $T_s$  dengan :

$$T_s = \frac{T_{so} + T_{si}}{2}$$

Contoh :





2) Penentuan efisiensi dan tetapan rugi-rugi termal kolektor

Untuk menentukan efisiensi kolektor diambil rata-rata pengukuran siang hari pada hari dengan cuaca yang bagus.

Persamaan (2) = (3)

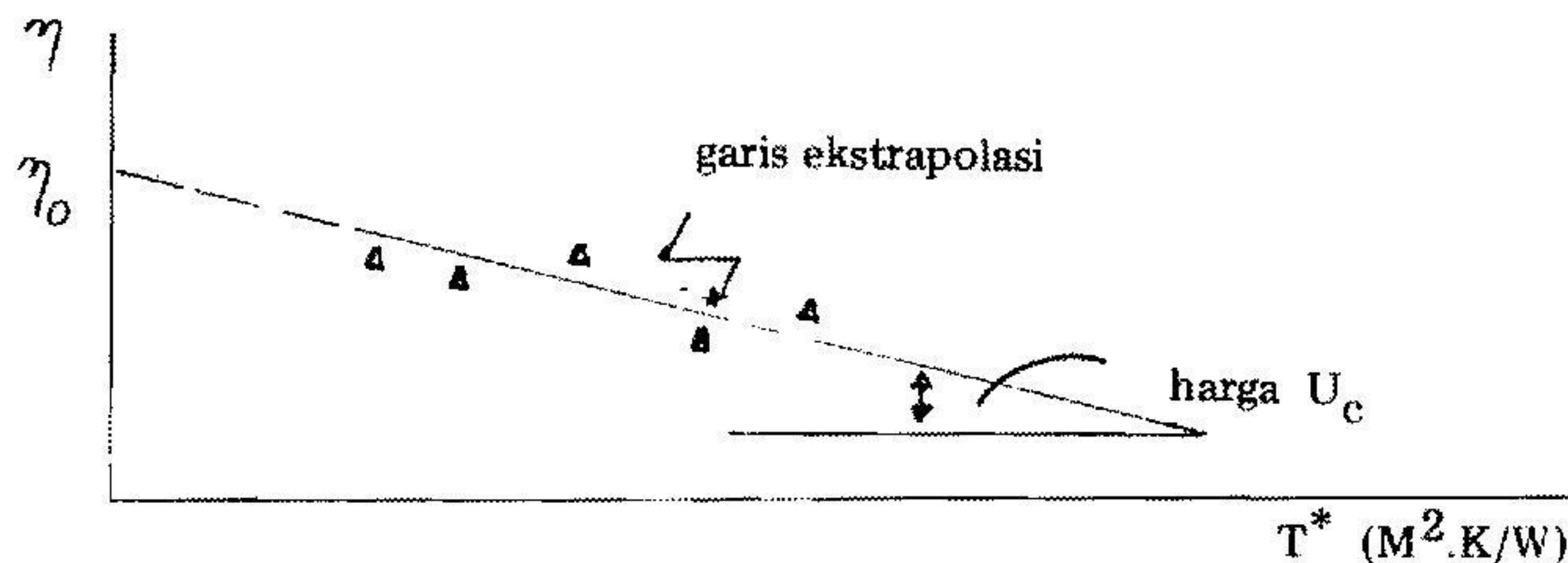
$$m = \frac{M \cdot C_p \cdot \Delta T_s}{\Delta t \cdot C_f \cdot T_c} + \frac{A_s \cdot U_{ls} (T_s - T_a)}{C_f \cdot T_c} \quad (6)$$

Substitusi harga m pada pers (4) diperoleh harga efisiensi kolektor.

Untuk berbagai harga  $T_c$ ,  $T_a$  dan  $G_T$  dibuat hubungan antara  $\eta$  vs  $T^*$

$$T^* = \frac{T_c - T_a}{G_T}$$

Contoh :



Berdasarkan hubungan  $\eta$  vs  $T^*$  dapat dicari  $\eta_0$  dengan ekstrapolasi garis regresi sehingga memotong sumbu.

Sedangkan harga  $U_c$  dicari dari sudut arah garis regresi.

3) Penentuan Klasifikasi PATS

Besarnya energi harian yang tersimpan dalam bentuk air portable panas dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$Q_s = M \cdot C_p \cdot (T_{s1} - T_{s0}) \quad (7)$$

Dimana harga-harga  $T_{s0}$  dan  $T_{s1}$  berturut-turut diambil dari harga yang terukur jam 06.00 dan 18.00 atau bertepatan pada saat matahari terbit dan terbenam (selama pengujian ini  $T_{s0}$  harus dimulai dari sekitar  $30^\circ\text{C}$ ).

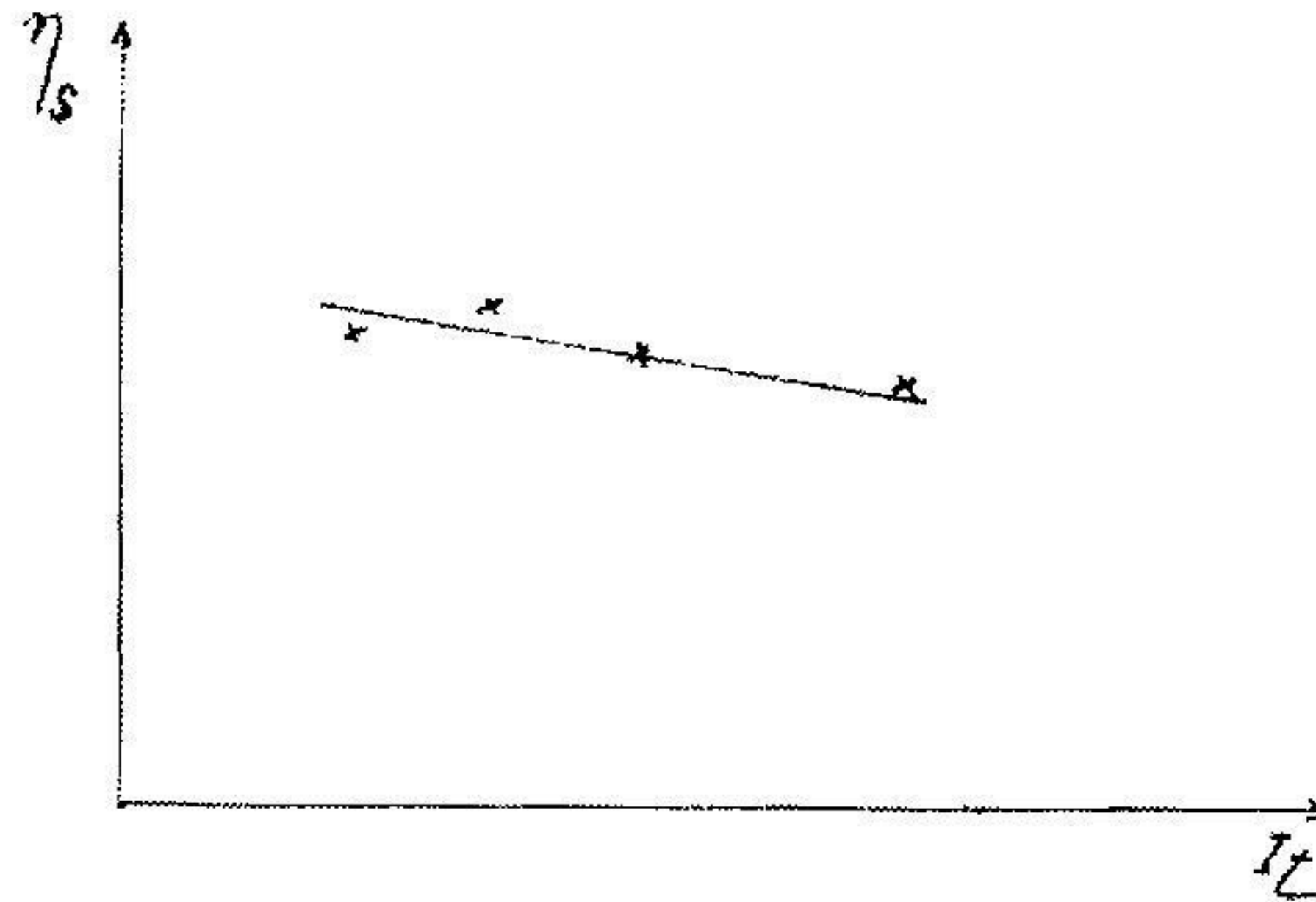
Sebagaimana dibahas pada Bagian 2, efisiensi suatu kolektor merupakan fungsi radiasi surya. Secara analogi, maka efisiensi PATS rata-rata harian sedikit-banyak juga akan dipengaruhi oleh isolasi harian.

Menggunakan data-data pengukuran, efisiensi PATS rata-rata harian ( $\bar{\eta}_s$ ) dapat dihitung berdasarkan :

$$\bar{\eta}_s = \frac{Q_s}{A \sum G_t \Delta t} = \frac{M \cdot C_p (T_{s1} - T_{s0})}{A \sum G_t \Delta t} \quad (8)$$



Berdasarkan hasil-hasil perhitungan di atas dibuat korelasi antara  $\eta_s$  vs  $I_t$  sebagai berikut :



Jumlah energi tahunan yang dapat diberikan oleh PATS dapat dicari dari :

$$Q_{sT} = \sum_{i=1}^n Q_{si} = \sum_{i=1}^n \bar{\eta}_s I_{ti} \quad (9)$$

$n$  = jumlah hari dalam 1 tahun

Dengan memasukkan harga-harga  $\bar{\eta}_s$  untuk berbagai  $I_t$  persamaan di atas dapat ditulis :

$$Q_{sT} = A (n_1 \bar{\eta}_{s1} I_{t1} + n_2 \bar{\eta}_{s2} I_{t2} + \dots + n_i \bar{\eta}_{si} I_{ti}) \quad (10)$$

dimana :

$n_i$  = jumlah kejadian hari dalam 1 tahun dengan radiasi surya sebesar  $I_{ti}$

$\sum n_i = 365$  hari

Sebagai referensi perhitungan diambil data radiasi surya harian Jakarta dengan distribusi sebagai berikut :

Insolasi harian rata-rata ( $I_{ti}$ ) (kWh/m <sup>2</sup> .hari)	Rentang insolasi (kWh/m <sup>2</sup> .hari)	Jumlah kejadian ( $n_i$ ) (hari)
1	500 — 1500	8
2	1500 — 2500	24
3	2501 — 3500	58
4	3501 — 4500	105
5	4501 — 5500	106
6	5501 — 6500	58
7	6501 — 7500	6



Menggunakan referensi di atas dan untuk  $A = 4 \text{ m}^2$  persamaan (10) menjadi :

$$q_{st} = 4 (\bar{\eta}_{s1} + 48\bar{\eta}_{s2} + 174\bar{\eta}_{s3} + 420\bar{\eta}_{s4} + 530\bar{\eta}_{s5} + 348\bar{\eta}_{s6} + 42\bar{\eta}_{s7})$$

dimana :

$\bar{\eta}_{si}$  = efisiensi PATS rata-rata pada insolasi rata-rata harian sebesar  $i \text{ kWh/m}^2$  hari.

$Q_{st}$  = jumlah energi tahunan yang diperkirakan dapat dipasok oleh PATS (dalam kWh)

#### 4) Perhitungan

Perhitungan untuk energi hilang dari tangki dan kolektor dilakukan menurut prosedur di dalam lampiran B.

Perkembangan kenaikan suhu sistem yang diwakili oleh temperatur rata-rata air panas dalam tangki dipantau selama pengujian dan dievaluasi berapa besarnya temperatur maksimum yang dapat dicapai selama pengujian.



## LAMPIRAN C

## KAMUS ISTILAH

1. Pelat absorber	:	Absorber plate
2. Alur fluida	:	Fluid passage
3. Tembus cahaya	:	Translucent
4. Kotak kolektor	:	Collector box
5. Tangki dalam	:	Inner tank
6. Selubung tangki	:	Cover
7. Asesori	:	Accessoriess
8. Pipa turun air dingin	:	Down pipe
9. Pipa naik air panas	:	Raiser pipe
10. Pengendali suhu	:	Thermostat
11. Lapisan absorber	:	Absorber coating
12. Daya tembus	:	Transmisivity
13. Penulakan	:	Softening
14. Penggetasan	:	Brittlement
15. Lak	:	Seal
16. Kondensasi dalam	:	Internal condensation
17. Tangki	:	Container
18. Tekanan yang ditetapkan	:	Setting pressure
19. Suhu yang ditetapkan	:	Setting temperature range
20. Katup pelepas tekanan	:	Pressure relief valve
21. Pengujian unjuk kerja PATS di alam terbuka	:	Outdoor teststand
22. Kondisi beku	:	Freezing condition
23. Pengukuran di alam terbuka	:	Outdoor measurements
24. Kesalahan	:	Errors



